

氏 名	森 一 浩
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 4764 号
学位授与年月日	平成 17 年 9 月 29 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当者
学 位 論 文 名	Computational Fluid Dynamics of Precision Machinery Design (数値流体力学の精密機器設計への適用)
論文審査委員	主査 教授 東 恒 雄 副査 教授 脇 坂 知 行 副査 教授 中 村 勝 弘

論 文 内 容 の 要 旨

情報精密機器はマルチメディアの基盤となるハードウェアであり、なかでも画像形成装置は視覚を介して情報を記録・伝達するための重要な機器である。画像形成装置は、電磁気力や流体力を利用してトナーや液滴などの微粒子の運動や相変化を高速・高精度に制御する技術を基盤としている。しかし、汚れが画像劣化を引き起こす弱点を持っており、それを克服するために、微粒子の運動や相変化を精度よく解析して設計に援用することが囑望されている。また、定着器は電力消費量が大きく、省エネルギー化が重要な課題となっている。本論文は、数値流体力学 (CFD) を精密機器設計、とくに画像形成装置の設計に適用した事例を示し、CFD の適用の有用性を明らかにしたものである。

第一章では、インクジェットプリンター内の微小なインク液滴粒子の運動、複写機内の帯電器近傍の流れ特性および定着器熱設計を概括し、本研究の位置づけについて述べた。

第二章では、CFD をインクジェットプリンター内部におけるミスト巻き上げ現象の解析に適用した結果について述べた。インク液滴はカートリッジ下部のノズルから一定間隔で射出されてインク液滴は分裂するが、径の小さいミストは紙に到達できず、巻き上げられて汚れの原因となる。CFD により、巻き上げが生じるミストの臨界直径を示した。また、ノズル近傍では流れ場とインク液滴の運動量交換により渦が発生し、インク液滴の振る舞いは周囲の流れ場との相対速度により決定されることを示した。径の大きな主滴の運動により誘起された空気流がミスト粒子を輸送することを明らかにし、ミスト巻き上げは低周波数時に盛んであることを示した。

第三章では、CFD をコロナ帯電器中のイオン風現象の解析に適用した結果について述べた。イオン風は、コロナ放電時に発生したイオンが空気中の中性分子に衝突することにより発生する。コロナ放電により発生したオゾンが帯電器内に滞留すると感光体を劣化させ、画像劣化をもたらす。オゾンを回収するためには帯電器とその下部に置かれた感光体 (ドラム) 周辺の流れ場を把握する必要がある。そこで、CFD を適用し、コロナ放電中にイオン風により誘起されたドラム周辺空気流には二次元的な β -状流れが現れ、いくつかの渦が副次的に誘起されること、また、電極ワイヤーに沿って静圧が低下し、帯電器端部から空気が流入することを明らかにした。これらの結果は煙を用いた観測の結果と良く一致した。

第四章では、CFD を定着器熱設計に適用した結果について述べた。ヒートロールまわりに金属遮蔽板を設置することにより消費電力が 28% 低減し、クリーナ部表面温度は 5.2℃ 低下する結果が得られた。高精度の輻射方程式を用いた簡易モデルによる解析では設計案の相対的な評価が可能であり、CFD を用いると発熱量が定量的に得られることを示した。CFD により得られた遮蔽板設置によるエネルギー削減率は実測の結果と同程度であった。

第5章では本研究で得られた結果をまとめた。

論文審査の結果の要旨

近年、コンピュータの演算機能の高速化ならびにメモリーの大容量化に伴って熱流体現象の支配方程式を数値的に解く数値流体力学（CFD）が急速に進展している。CFDの目的は実測が困難な現象の解明や機器設計における最適な形状・仕様の決定にある。しかしながら、CFDを混相流動や相変化などが絡む複雑形状の機器の設計に適用した例は少なく、その適用有用性の検証が望まれている。本論文の著者は、CFDを情報精密機器の画像形成装置に適用し、適用有用性を検証した結果を論文にまとめている。

第1章では、インクジェットプリンターにおける微小なインク液滴の挙動、複写機帯電器近傍の流れおよび定着器熱設計法を概括し、研究の位置づけについて述べている。

第2章では、CFDをインクジェットプリンター内部のミスト巻上げ現象の解析に適用した結果について述べている。ノズルから周期的に射出されたインク液滴の分裂により生成されるミストの巻上げは、ノズル近傍における流れ場とインク液滴の運動量交換により発生する渦に起因していることを明らかにしている。また、巻上げが生じるミストの臨界直径を求め、実験結果と比較して計算結果の妥当性を検証している。

第3章では、CFDをコロナ帯電器中のイオン風現象に適用した結果について述べている。コロナ放電中にイオン風により誘起されたドラム周辺空気流には二次元的な渦状流れが発生し、それによりいくつかの渦が副次的に誘起されること、また、電極ワイヤーに沿って静圧が低下し、帯電器端部から空気が流入することを明らかにしている。計算結果の妥当性は煙を用いた流れの可視化により検証している。

第4章では、CFDを定着器熱設計に適用した結果について述べている。ヒートロールまわりに金属遮蔽板を設置することにより消費電力が28%低減し、クリーナ部表面温度は5.2℃低下することを示し、エネルギー削減率の実験結果と比較して計算結果の妥当性を検証している。また、簡易形状モデルによる解析法を提案し、これにより定着器設計案の相対的評価が可能であり、発熱量が定量的に求められることを示している。

第5章では、本研究で得られた成果をまとめている。

以上のように、本論文はCFDを情報精密機器の画像形成装置に適用し、その有用性を実測結果と比較して検証している。これらの成果は数値流体力学の発展に寄与するところが大い。よって本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格を有するものと認める。